图书情报工作
第 65 卷 第 7 期 2021 年 4 月

技术创新全视角下技术机会发现研究进展

■ 伊惠芳[1,2] 刘细文[1,2] 龙艺璇[1,2]
[1] 中国科学院文献情报中心 北京 100190 [2] 中国科学院大学经济与管理学院图书情报与档案管理系 北京 100190

摘 要：[目的/意义]技术机会发现对于市场竞争、技术布局、区域创新及产业发展具有重要意义，梳理技术机会发现领域的研究进展可明晰其发展局限，以进一步促进该领域的优化和健康发展。[方法/过程]从技术创新全视角出发，综合技术创新过程各要素，从技术创新知识基础、创新环境、创新方式和创新类型四个维度梳理领域相关研究，并总结技术创新要素视角下技术机会发现分析单元的特点，指出研究存在问题和发展趋势。[结果/结论]技术机会发现的内部属性是技术创新的知识基础，外部属性是技术创新环境；技术新生、技术融合、技术突破是常见的技术创新方式；技术机会分新兴式技术、渐进式技术和颠覆式技术三类机会；未来，科学知识基础研究将进一步强化，各类资源因素协同将成为创新趋势，技术机会发现的手段将更加复合和有针对性，发现过程会更规范，其结果将更具可信度。

关键词：技术机会发现 技术创新 创新基础 创新环境 创新方式 创新类型
分类号：G353
DOI：10.13266/j.issn.0252-3116.2021.07.013

当前世界科技竞争日趋激烈，发现技术进步机遇并占领科技制高点，无疑成为一个国家和企业关注的关键问题。技术机会发现（technology opportunity discovery，TOD）作为技术预测和技术未来分析等领域的一个新兴研究分支[1]，对于技术竞争、市场布局、区域创新、产业发展具有重要战略意义。

技术机会发现领域研究已有 20 多年的历史，目前已经进入快速发展期[2]，基本理论和分析方法均取得了一定进展。其中，技术机会概念研究主要集中在对技术进步的解释方面[3]，主流思想是以技术更新与进步作为衡量技术机会的基本依据，产业理解[4]、企业创新、技术范式转变[5]、技术形态出现[6]等概念都是技术机会进步的具体描述和条件界定。技术机会发现方法研究集中在动态识别、技术空白分析、离群专利检测、论文专利比较分析、链路预测、技术形态分析、机器学习上[7]，形成了比较丰富的研究内容。但现有研究模式较为固定，新的研究方向和内容较少提出，尚有许多探讨和改进之处：技术机会发现领域内外部属性应强调在哪个层面？何种方式能促进技术进步以发现技术机会？技术机会存在哪些表现形式？技术机会发现是否还有新的研究内容？厘清上述问题是明晰技术机会发现的研究现状，促进其未来健康发展的重要方面。

我国学者积极学习并总结国内外技术机会发现相关研究，从国内外对比[1-2]、方法发现[7]等方面尝试综述该领域研究情况。但目前对技术机会发现的回顾和总结多偏重于对一般事物研究内容及发展的理解，缺乏对技术本身成长及其更多特性的融入，不利于深入挖掘技术机会发掘本质。南京农业大学韩燕等[8]指出技术机会发现必须关注新技术形成过程中所必需的基础、方式以及表现形式，但并未在该方面进行深入探讨。笔者认为技术机会发现的最根本途径是要立足技术本质和技术创新过程，把握各类技术创新要素，才能贴近对技术机会发现内涵的理解和认知。因此，研究拟秉持技术创新全视角，通过梳理各类创新条件和特性，评述现有技术机会发现的研究进展，尤其关注技术创新过程中的内外部条件和方式，包括利用怎样的技术创新条件、通过怎样的进化途径、最终获得某些技术创新机会，以期能理清现状，挖掘技术机会发现的新视角、新途径、新内容。

1 技术机会发现的几个视角

本研究对技术机会发现的认知借鉴了 W. B. Ar-

作者简介：伊惠芳（ORCID：0000-0003-0094-7993），博士研究生；刘细文（ORCID：0000-0003-0820-3622），研究员，博士生导师，通讯作者，E-mail：liuxw@mail.las.ac.cn；龙艺璇（ORCID：0000-0002-5395-4049），博士研究生。
收稿日期：2020-09-17 修回日期：2020-12-24 本文起止页码：132-142 本文责任编辑：杜杏叶

thur对技术复杂性[9]、技术本质以及技术进化机制[10]的理解。W. B. Arthur认为时至今日，我们身边的技术和经济已高度复杂化，技术复杂性正成为现实生活中众多冲突与困惑的中心点[11]。关于技术的本质和产生，他解释技术是对现象有目的的编程，是被捕获并加以利用的现象集合，而技术进化依据技术"自创生"完成[10]。此外，他还提出了"技术与科学同源性""技术由技术构成""技术发明是需求和现象的链接""递归性组合""域"等一些新概念[10]，对于进一步揭示技术创新，发现技术机会具有重要启示作用。

1.1 技术创新知识基础

基础是事物发展的根本或起点。W. B. Arthur[10]的"技术本质说"强调技术对现象加以编程产生了无数的应用，而科学为观察、捕获和预测现象提供理论和方法。可以看到，技术形成的关键基础是"知识"，如科学知识、技术知识等，各类"知识"运行、配置、相互转化才得以创造技术创新与技术机会发现的内部条件。科学与技术发现推进式(Discovery push)的线性序列技术创新理论很早就揭示了基础研究在新产品、新工艺技术上的应用模式。R. R. Nelson[12]指出技术机会与技术本身的特性(如过去发展轨道、续存时间)和基础科学的联系紧密相关，是建立技术的重要前置条件。关于科学与技术在技术创新上的关系，W. B. Arthur[10]提出的"技术与科学的同源性"表明科学和技术是以一种共生方式进行进化。

技术创新的科学知识基础和技术知识基础的载体来源一般为论文或专利，根据基础知识要素之间的交织，又可将技术创新的知识基础按照层次关系分为单知识基础性研究和多知识基础性研究。二者之间的差异见表1。其中，单知识基础性研究仅考虑单一知识基础，为科学或者是技术知识；多知识基础性研究则是关于科学与技术知识的双向研究。

表1 单知识基础性研究与多知识基础研究的差异

技术创新知识基础分类 / 区别要点	单知识基础性研究		多知识基础性研究
知识要素	科学知识要素	技术知识要素	科学与技术知识要素
知识载体	多依赖论文	多依赖专利	论文与专利
特点	关注前期技术科学基础	关注技术本身特性	探索科学与技术间的关联或差距

1.1.1 技术创新环境

技术创新环境是技术创新与技术机会发现的外部条件。复杂的社会和经济影响着复杂技术系统的构建，包括市场、技术主体、资源等各类复杂因素。不少理论都可反映出技术创新环境的复杂性，如市场需求拉动型(Need pull)技术创新理论强调市场需求可以为技术创新创造无数机会，而机会创造理论[13]则认同机会本质是企业家创造，并通过聚集资源和能力克服风险将想法转变为产品和服务。可见，复杂技术创新过程的综合性极高，所有的复杂技术都见证了技术与技术的开发者和使用者的组织网络协同演化过程[14]。本研究将技术创新环境划分为市场环境和资源环境两大类，其中，市场环境依据市场流通主体分为了技术实施体、技术承载体、技术受用体与技术牵引体。技术实施体指的是技术开发者且多为企业，技术承载体为产品或工艺，技术受用体常为用户，而技术牵引体为政府及其政策，市场主体与技术创新之间的关系见图1。资源环境是指各类物质要素的综合，如人才、R&D、信息、资本等，表示了技术创新的耗益结构[13]，其组合优化会起着影响技术创新系统或技术主体能力的作用。

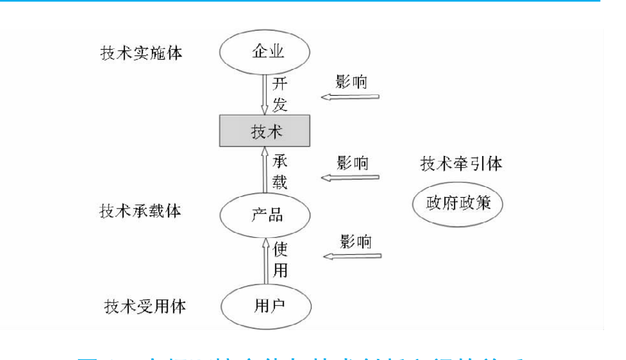


图1 市场环境主体与技术创新之间的关系

1.1.2 技术创新方式

技术创新方式是技术创新的具体途径，是技术机会发现的主要来源。前苏联发明家G. S. Altshuller[15]提出的技术系统进化法则就指出技术系统一直处于进化之中。在进化机制上，W. B. Arthur[10]认为主要有两个形式：一是"组合进化机制"，即已有技术的组合为新技术提供潜在供应，技术通过依靠技术自身结构的组合性和递归性自循环式完成进化，以自身创生自身，体现了技术融合的思想；二是技术机会利基(被定义为技术可以有效占据的利基)对新技术的召唤，这是因为技术通常会引发间接性问题，并由此产生新的提供技术支撑或解决方案的需求或机会，即矛盾存在或

许可带来一定的技术进步与突破,凸显了技术突破方式的重要性。此外,W. B. Arthur[10]还指出新技术提供了潜在新元素,可能引发新的组织和路径的发生,即技术新生。综合以上,技术创新形式分为技术新生、技术融合及技术突破三类:技术新生是从 0 到 1 的技术创新,技术融合是技术进化和创新的主要方式和根本体现,技术突破能大幅度提升技术性能或创造全新技术提供机会。三类技术创新方式之间并非完全独立完成进化,如对技术融合及新生技术的关注可能会带来技术突破的机会,而技术突破可能会引起一系列的技术新生或技术融合。技术突破与前两者最大的不同是强调前期障碍的存在,而技术新生和技术融合对技术创新的前提并不太会关注。

1.1.3 技术创新类型

技术创新类型可以看作技术创新与进化后的结果及其表现类型。R. Foster[16]技术生命周期模型表明技术演化 S 曲线前端易出现随机性跳跃,形成"突破性技术",引入市场后演变为新兴技术,经市场累积改进走向成熟或开启新方向。W. B. Arthur[10]的"域"理论认为当一个新域刚开始会充满各式新兴技术。随着发展,新兴域会慢慢进入"青春期",甚至跨入"成年阶段",带来一些小的、有用的渐进式技术改进。随着进一步成熟,域开始稳定成长,直至老年时期被另一新域取代。但此过程,并不是所有域都能完成循环,它们可能发生变异,打破周期,使得域关键技术发生根本性改变,带来重新域定,即技术的颠覆性改变[16-17]。本研究依此将技术创新类型分为新兴式技术、渐进式技术与颠覆式技术,见图 2。其中,新兴式技术强调新、兴起与发展[17],是技术创新的优势来源。渐进式技术是一种增量创新与技术优化,是技术上非革命性的微小变化。颠覆式技术[18]对应彻底创新的技术可能性,具有根本性创新、最终取代的特性。此处,颠覆式技术与新兴式技术的发现都有新、兴起的因素,两者的差异主要表现在颠覆式技术最终的技术创新力带来了替代。相较于新兴式技术对新、兴起特征技术进步潜力的判断,颠覆式技术及其机会的发现会更加具有挑战性,技术性能突破、技术前沿性、外部因素协调性、技术融合性、技术影响力、技术接受率等都在颠覆性技术的发现中扮演重要角色,且各类指标和测度因素比新兴式技术更加有侧重,技术的重大影响力和根本取代性更加突出。

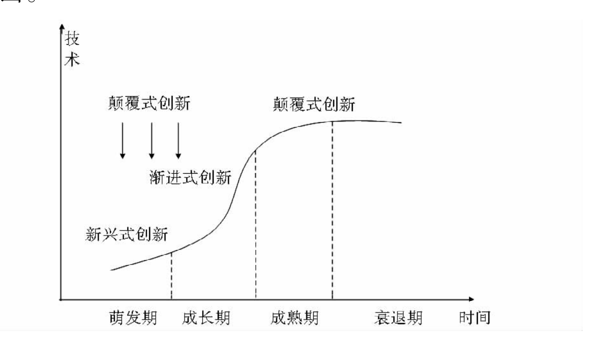


图 2 "域"生命周期与技术创新类型

表 2 三类技术创新类型辨析

类型	新兴式技术	渐进式技术	颠覆式技术
概念	新兴技术是建立在科学基础上的创新性技术,它们可能创立一个新行业或改变某个老行业[19-20]	是一种增量创新与技术优化,是技术上非革命性的微小变化	①技术属性:多个现有技术的交叉融合或在技术重大范式变革中形成的新技术[21]; ②市场:相对主流技术,颠覆性技术的初始性能不高,主要波及到主流技术未覆盖的市场[22]; ③技术竞争力:会改变原有的技术性能衡量标准,引入新的有突破性的性能标准,形成新的价值体系,逐步取代现有技术[23]
显著特征	新颖性、相对快速的增长、高度不确定性、重大影响力等	——	重大影响性、根本取代性、技术性能突破、技术前沿性、外部因素协调性等[18]

2 技术机会发现的研究进展

2.1 技术创新知识基础

2.1.1 单知识基础性研究

单知识基础性研究对单一知识要素的解析过程,这里的单一知识要素指的是仅考虑科学知识或技术知识。如王桂芳[24]、潘东华等[25]采用文献计量和 Citespace 软件分析期刊论文中的关键技术节点、领域热点与发展趋势发现技术机会。J. Ma 通过探索专利汇编来分析专利主题词以发现潜在的技术创新机会[26]。B. Yoon 提出一种通过可视化专利信息(如专利文件和引用关系)进行技术机会发现的分析方法,并借助专利地图、链接预测来寻找技术机会[27]。康宇航从异质性混合网络的角度出发,构建了专利的耦合-共引混合网络,通过发现更为隐藏的新知识、新技术中深层次的知识构造来分析技术机会[28]。以上研究常

伊惠芳，刘细文，龙艺璇.技术创新全视角下技术机会发现研究进展[J].图书情报工作,2021,65(7):132－142.

在提取技术知识信息(关键词、IPC 分类号、引文等)基础上,通过文本聚类、共词分析、离群值监测、形态分析、专利地图等方法[29]分析技术趋势、前沿以发现可能的技术机会,其特点是引入客观面板数据、分析体系较为系统、能客观发现技术主题或形态,但仍需辅以专家智慧验证。此外,仅用期刊论文发现技术机会的研究并不多,学者们更加关注技术本身的特性。且仅考虑科学知识要素或技术知识要素可能会在技术机会发现过程中遗漏重要的技术组分。另,值得注意的是单一知识要素并不意味着单一数据来源。如专利文献通常会被认为是技术的代表载体,但专利文献可能会引用科学知识,此时科学知识也可以从专利文献中获取。但目前,对期刊论文和专利文献进行全文本或引用内容来研究技术机会发现的研究尚未开始,对技术创新知识基础的有效数据获取工作还需进一步优化。

2.1.2 多知识基础性研究

多知识要素的综合分析过程,此处指科学与技术研究。普遍认为科学与技术有复杂的双向作用[30],因而,将两者综合分析可能会得到技术发展的新可能。目前,探讨论文与专利关联或者说比较论文与专利子领域差异是主要切入点,一般认为在论文中已有体现但在专利中还未体现的主题可能代表着潜在的技术开发机会。早先研究中,N. Shibata 等[31]就将科学出版物的引用网络结构与专利结构进行了比较,发现了技术商业化潜在机会,后继研究者以此进行了一系列改进或拓展研究,包括利用文本聚类[32]、相似度或相关度计算[33]、技术组合[8]等确定科学与技术之间的差距以发现技术机会。探寻科学与技术差异被认为是有效方法,但研究方法较为单一,分析模型较为固定,发现机会粒度较粗。

2.2 技术创新环境

2.2.1 市场环境

根据市场流通主体,技术机会发现中市场环境要素包括技术实施体、技术承载体、技术受用体、技术牵动体 。

(1)技术实施体。技术实施体是判读技术发展,实施技术创新的自然人,一般指企业,产业链外部的高校、研究机构等也能提供大量技术机会。主要研究思路是沿着研发主体在领域中的研发布局、竞争[34－35]、能力情况[36]、产学研合作[37]去发现技术创新可能性,方法有相似度计算、专利同族分析、专利权人技术主题分析、社会网络分析等。如寇翠翠等[36]基于技术相似性和技术能力来分析企业,并构建前瞻性技术评估指标体系,基于 K-means 和文本挖掘识别技术机会。江曼[37]等将创新主体划分为企业与科研院所两类,构建了技术主题－专利权人－专利权人合作二模网络,为引导协同创新,发现技术机会提供参考。

(2)技术承载体。产品或工艺是技术创新的最终体现形式,从商业应用、产品[38－39]可以发现更多契合市场需求的技术机会,功能分析是主要研究方法。如 J. Yoon[38]等人提出了基于功能的技术机会发现框架,利用技术、产品间语义相似关系发现潜在技术或产品机会。虽然功能方法依赖自然语言处理来提取功能知识,过程较为复杂,但其结构可以清楚表示系统的关键概念。

(3)技术受用体。技术受用体一般包括产业内供应商、用户等,会影响产品、工艺、技术提升[3],主要通过分析需求入手。如吴敏、冯立杰通过挖掘目标用户需求、提取技术要素,形成了面向市场特性的颠覆式创新技术机会识别路径[40－41]。B. Jeong 等使用社交媒体数据,利用主题建模及情感分析方法发现了潜在的市场产品改进机会[42]。但该类研究相对较少,使得遵循需求发展轨迹的技术较难满足多样化的需要。

(4)技术牵动体。政府政策和研发指导是发生创新的重要因素,主要通过研究区域技术和区域政策帮助评价市场创新环境,如江曼[37]指出政府引导创新是增强协同创新发现技术机会的牵动力,产业政策以及区域间技术交流会对技术机会发现产生促进作用。

2.2.2 资源环境

资金、人才、R&D 等各类资源投入都能表示技术创新的耗益结构[13]。目前常使用的资源指标包括研究投入、知识、组织管理、使用效益。如王金凤等认为技术研发机会应该关注科研投入、技术先进性、使用频率和技术效益方面,同时再分析专利技术形态,结合评价权重就能得到更有效益、更为客观的领域技术机会[43]。江曼等认为技术机会识别中创新资源子系统主要包括知识、技术、资本、信息等要素,这些要素要以最优组合方式在系统内流动才能实现功能[37]。目前,对技术资源的关注多侧重在对技术机会的影响分析上,真正利用各类资源并实现资源最优配置来辅助技术机会发现的研究较少。

2.3 技术创新方式

2.3.1 技术新生

常由发现技术空白而来,领域专家依靠技术矩阵[44]、专利地图、形态分析方法[7]发现技术尚未达到的地方,并进一步结合空白技术未来发展潜力来发现

技术机会。如B. Yoon等用技术关键词构建GTM专利地图来挖掘技术空白点发现初步技术机会,并结合链路预测算法的评价指标来测度技术机会价值以进一步筛选[27]。S. Lee、龚惠群等运用主成分分析降维生成产业多维技术空白专利地图,并辅以空白技术周围专利价值来评价技术机会的重要性和趋势[45-46]。可以看到,无论以何种手段将技术降维成专利地图来发现技术机会,都蕴含技术新生思想,但目前挖掘方法相对固定,更加完善的大数据降维方法或更多新生技术挖掘手段亟需丰富。另,技术新生无疑能发现较多技术机会,但其发展具有较高不确定性[37],进一步的评估和后续跟踪工作还需加强。

2.3.2 技术融合

目前,技术融合在技术机会发现研究中存在同域融合和跨域融合两种形式。同域技术融合是同一技术领域中不同技术分支间的交汇,包括组合分析、知识关联、形态分析等,均能实现对可能的技术机会组分的抽取、判断、组合与表示。如韩燕等运用连边关键程度中心度指标、知识单元整合等方法找到了以“知识关联”为融合形式的技术机会[8]。B. Yoon等通过改变形状(技术变量具体属性)和改变维度(技术变量)的技术形态方法发现了新领域技术机会[47]。以上分析可获得细粒度的技术机会,但目前存在着技术关键词选定规范难以统一、专家经验依赖严重、技术形态组合爆炸与评价简单[48-49]等问题;跨域技术融合由特定技术领域扩展到了异构领域,进而拓展了技术机会发现范围,一般从引用、分类、主题等层面进行技术表征。早期融合研究多通过测量技术融合程度和监视融合趋势来发现技术机会,即测度技术趋同性[50],近期,更加强调潜在和预测的一种面向未来的融合分析得到了关注。如I. Park以书目耦合和边缘中间性概念来表示预测的技术知识流(TKF)方向,通过提取潜在增加的知识流链接和新兴知识流链接预测异构领域间的潜在TKF以分析技术融合机会[51]。翟东升等人使用IPC间新引用或增强引用来界定知识流动下的技术机会,并用SVM和线性回归链接预测模型预测了新的或者是未来会更深度融合技术[52]。可以预见,面向未来的技术融合将会更加高效助力技术机会发现,但异构知识融合还存在很多数据和关系上的局限,多种对象、多种关系、大量数据是融合上的突破方向。

2.3.3 技术突破

对技术融合[52]及颠覆性技术的关注可能会带来技术突破的机会,但技术突破更加强调前期技术障碍存在[53]。黄鲁成认为技术障碍是技术机会的存在前提,对技术创新是一种激励[53]。该类研究一般是追踪产业路径[54]、识别关键技术[54-55]、找寻技术突破模式、解决技术创新中瓶颈或障碍问题。其中,TRIZ创新方法[56]及形态分析方法[57]较行之有效,且能得到相对具体和有针对性的技术机会。但分析技术障碍,其是在挖掘技术形态时多依赖专家领域知识和能力,一些适应大量数据以及能有效降低专家智力依赖的方法就值得借鉴。如汪雪锋等提出的新型形态分析就有效的改进了上述痛点,并且将传统形态矩阵属性改变为领域关键技术问题及其解决方案为发现技术机会提供了有益思路[55]。未来更多融合文本挖掘的手段是解决海量数据与专家智慧的折衷之法。技术异常检测是另一种技术突破形式,通常认为异常点可能表示对已建立规则、主流趋势和模式的革新和打破[57],分析方法包括LOF[56]、ABOD[58]等离群异常专利探测技术。如黄鲁成就基于异常点检测方法和专利市场价值评估体系发现了潜在的异常专利技术机会[58]。相对而言,通过异常点来发现技术机会更侧重在一些已有技术机会的识别上,但异常技术包含的机会具有多大突破性,其转变力度和市场价值尚未可知,目前评估也多为专家经验或结合TRIZ技术系统进化法则[56]定性判断,主观性较强,还需进一步评估。

2.4 技术创新类型

2.4.1 新兴式技术

新兴式技术机会的发现主要强调在“新兴”二字,目前,相关研究对新兴的关注主要聚焦两个方面,一是将重点放在发现新兴行业中的技术机会,然后借助常见的专利分析、文献计量和网络信息挖掘等方法进行识别[54,59],如李乾瑞基于SAO(subject-action-object)语义分析识别解决新兴技术产业重大研究问题的技术方案,并构建技术路线图发现技术机会[54];二是识别具有新、兴起特征的技术进步潜力指标,建立以特征选择为核心的技术机会发现模型。如Y. Geum等使用新颖性探测技术分析新出现技术模式以确定技术机会[60],任智军等建立由新兴技术发现模型(ETD)和技术生命周期发现模型(TLCD)两部分组成的TOD模型,通过选取新兴技术和预测成熟度发现技术机会[61]。以上通过规则来界定技术机会发现的研究依赖于指标建立的准确性、代表性和全面性,有可能遗漏掉使用其他指标测度更具有价值的技术机会。此外,技术演化[54]、专利引文网络[62]也可发现新兴式技术机会,但使用网络引文可能会造成关键信息缺失,因为新

兴式技术需要一定时间累积才能形成规模网络。

2.4.2 渐进式技术

渐进式技术是最常见的技术创新类型，是在现有技术轨道和技术范式下，通过累积性技术改进实现技术创新。渐进式技术创新的一个特点是高度依赖路径，并遵循特定技术轨迹[63]，技术演化[64]、专利引文分析[28]等强调时间变化的检测方法是渐进式技术机会发现的重要手段，如J. Choi利用序列捕获焦点技术探析领域动态变化来发现技术候选者和技术机会[34]。渐进式技术创新的另一特点是解决局部冲突和提高性能[65]，因此，其技术机会多通过技术矛盾与突破来发现。这点与技术突破的技术创新方式相通，典型方法有技术功效[64]、TRIZ创新方法[54]、创新地图[66]等，如岳俊举等在获取技术创新要素中隐藏关系的基础上，结合专家经验构建了二个层级多维技术创新地图以发现更具体可行的领域技术机会[66]，但构建过程需要较多人工经验，可复制性和拓展性不佳。总体上，渐进式技术机会发现的研究相对普遍，对后续技术机会发展特征关注较少，整体比较容易把握。

2.4.3 颠覆式技术

对应彻底创新的技术可能性，具有根本性创新、最终取代的特性。目前，颠覆性技术机会发现多围绕颠覆性技术概念、特征、运行机制等内外部特征中的某一方面展开，主要使用技术演化、技术路线图、情景规划、德尔菲法、多指标评估量化模型、文献计量识别等[18]方法来发现具有颠覆式特性的技术，如关注其重大影响性、根本取代性、技术性能突破、技术前沿性等显著的特征。但针对颠覆式技术机会发现的具体研究较少，多数研究过程和结果更注重技术前景探测或颠覆性判别，加之颠覆性特征难以准确定义，多依靠单薄技术历史数据的判断会对技术的时效性和准确性造成影响。一部分学者另辟蹊径，融合市场特性，依据颠覆式创新市场需求特征与技术特征[40－41]进行技术机会发现研究，如冯立杰等分析了低端市场用户的需求与技术生命周期，通过探索创新法则与创新维度的作用方式，识别了面向低端市场颠覆式创新的技术机会路径[41]，但视角较为片面和分散。未来，把握颠覆性技术内、外部特征，构建更全面发现框架仍是一项巨大挑战。

3 技术机会发现的研究进展剖析

通过剖析技术机会发现相关研究的进展，本文对开篇提及的几项问题进行解答：

技术机会发现的内外部属性包括技术创新的知识基础和技术创新环境，技术创新知识基础多指科学知识与技术知识，是技术创新的内部条件；技术创新环境包括各类主体在内的市场环境和各类物质要素综合的资源环境。

技术新生、技术融合、技术突破是常见的技术创新方式，可以用来发现技术机会。其中，技术新生是从0到1进行技术创新，技术融合可以对不同技术分支交汇或对技术组分组合、关联，技术突破多以分析前期技术障碍为前提解决问题并提升技术性能以提供技术创新机会，三者技术进化的形式不同，但也彼此交织。

技术机会类型有新兴式技术、渐进式技术和颠覆式技术三类，新兴式技术强调技术的新、兴起特征，渐进式技术是一种增量创新与技术优化，颠覆式技术对应着技术彻底创新、最终取代的技术可能性。

总体来说，技术机会发现领域正形成一个相对规范、系统的研究范式，关于技术进化的法则已经广泛的被应用在了技术创新和技术机会发现上，某些技术创新要素已形成相对优势，如新兴式技术和颠覆式技术机会正逐渐形成自己的主导。此外，剖析每一个技术创新要素，可以发现它们具有一些共性分析单元，包括数据源、发现方法、技术机会定义、技术机会表示单元、技术机会评价指标、技术机会发现粒度，详情见表3 。

从技术创新全视角下技术机会发现的分析单元来看，一些问题亟需注意和重视。

（1）对技术创新知识基础要素的关注失衡，技术前期对科学缺少关注和重视。W. B. Arthur在阐述技术本质时指出科学与技术彼此交织、彼此依赖，科学建构于技术，技术应用于科学[10]。但通过对技术机会相关研究发现，学者们将研究重心放在了技术本身上，研究数据主要集中在专利文献，相关的技术机会发现方法也多是针对专利文本开发，这不利于技术机会的前期基础发现。

（2）多数研究没有将技术、技术创新环境、技术创新方式等多维度因素充分结合，缺乏技术机会发现的系统研究。C. Elizabeth指出技术的复杂性和创新过程的综合性要求技术机会发现过程不能忽略任何一个细节[67]。W. B. Arthur的组合进化理论[10]启迪我们可以将技术创新过程中的不同要素进行组合以创造新的技术机会。但目前多维度、多因素下的技术机会发现研究并不多，产业及产业间的多阶段融合研究也不够深入，未来研究需要聚焦于不同维度对技术机会发现的影响，多因素间影响机理及效力，技术协同创新加强等方面。

表3 技术创新全视角下技术机会发现分析单元

技术创新要素	要素分类	数据源	典型发现方法	技术机会定义	技术机会表示单元	技术机会评价指标	技术机会发现粒度	代表研究
技术创新知识基础	单知识基础研究	论文或专利中的科学或技术知识	专利地图、离群技术探测	突出关键词聚类、与主流离群的技术	IPC、关键词、SAO聚类、专利	专家经验、TRIZ进化法则定性判断	多单维度分析,技术机会范围较粗	李辉[29]
	多知识基础研究	论文与专利中的知识	子领域差异法	论文与专利不一致的技术	关键词、SAO聚类	较少涉及	技术机会范围较粗	N. Shibata [31]
技术创新环境	市场环境	专利、产品说明书、用户数据	功能分析法、相似度方法、主题模型	与主体相似(一致)的技术	SAO结构、关键词、专利聚类	新颖性、复杂性、重要性、商业模型和信息收集活动	技术机会范围较粗,有导向型	J. Choi 等[34]; 寇翠翠等[36]; J. Yoon [38]
	资源环境	多类文献	创新资源系统分析法	—	—	—	—	江曼[37]
技术创新方式	技术新生	专利	技术空白分析法	稀疏、空白的技术区域	IPC、关键词聚类	重要性、趋势分析、相邻专利、评价模型	技术机会范围较粗,但结合评价相对可靠	J. Yoon 等[38]; 龚惠群等[46]
	技术融合	专利	形态分析、链路预测法	新形态组合、新(潜在)新引用或新关键词组合	技术方案组合、关键词、SAO或IPC对组合	专利数量、增长趋势、重要性(专家打分法)、融合潜力等	多维度组合,机会相对具体,相对可靠	B. Kim [50]
	技术突破	专利	TRIZ创新方法、离群专利探测	突破障碍的技术、与主流离群的技术	技术解决方案、专利	专家定性判断	技术机会范围较具体	李乾瑞等[54]
技术创新类型	新兴式技术	专利	新颖性探测技术、TOD模型	满足新颖特征、未来有潜力的技术	专利、关键词、技术术语、SAO	较少涉及	技术机会范围较粗	Y. Geum [60]; 任智军等[61]
	渐进式技术	专利	技术演化、技术功效矩阵、引文分析	有发展潜力技术、网络结构中有潜在关联的技术	IPC(IPC对组合)、技术功效方案	潜在价值、新颖度、技术实现可能性	技术机会相对具体	朱琳等[64]; 康宇航等[28]
	颠覆式技术	专利、调研数据	技术路线图、颠覆式创新市场分析法	有发展潜力技术,满足市场未覆盖用户需求技术	创新维度组合	较少涉及	多维度组合,机会相对具体	吴敏[40]; 冯立杰等[41]

(3)在技术创新方式上,极复杂的外界限制使得技术不能按照既定形式完成进化。首先,并非所有技术都遵循技术发展轨道,具有完整的技术发展曲线,技术机会应加强对技术发展延续性与非延续性的关注。其次,技术创新方式忽视了技术进化的社会选择性,如包括市场选择、政府选择都在彰显技术进化与社会选择间的互动关系而影响技术机会发现,W. B. Arthur在用经济视角审视技术进化时指出经济社会与技术之间存在着因果循环关系,两者之间不断影响、调整[10]。最后,W. B. Arthur指出技术本质和制度本质相似,都有强大的路径依赖性,这会将人类"锁入"既有的技术路径,如何去突破现有的技术桎梏,以发现技术机会是一项很大的挑战[10]。

(4)在技术机会发现方法上,众多方法在技术创新进步中的触及程度较低。引文分析、网络分析、专利地图、主题模型、深度学习等更多先进的技术方法被用来发现技术机会,但以上方法多针对技术发展或技术前景的机会进行探测,对于技术创新的实质促进不足。技术发展的机制包括内部替换和结构深化,而新技术也是针对现有目的而采用一个新的或不同的原理来实现,从这个意义上说,形态分析、链接预测、创新导图、TRIZ理论等方法更接近这个目标,也更能真正促进技术创新进步。换言之,技术机会有不同内涵,或强调技术前景或用来解决技术问题,应用不同的方法时应该厘清技术机会的差异,把握定位。此外,技术机会发现本身与技术预测、技术演化、技术监测有着诸多关联,都是一种基于技术未来理论分析的实践内容,在方法上具有共通性。若仅将视角聚焦在技术机会发现领域上,发现方法会存在局限性,如全文本分析方法在专利技术机会发现研究中还较少展开,但可增强技术预测

和技术演化分析的准确度，未来可进一步运用到技术机会发现领域中来。

(5)在技术机会发现的整个过程，技术机会定义、知识单元表示以及结果评价、发现颗粒都存在一些不足。前期对技术机会定义多是按照单一规则进行筛选，抽取技术机会表示单元时，不同结构(IPC、关键词、SAO)对技术的表示力度不尽相同，多数知识表示单元从专利或论文题目、摘要、关键词或引文内容位置获得，不足以体现技术发展。后期技术机会评价关注度不高，整体简单，对技术可行性、时效性、风险、需求评判不够，且不同类型技术机会的评价准则不尽相同，如新兴式技术机会的首要评价原则除了机会可行性以外就是机会的新与潜力价值，而颠覆式技术机会则是影响力，不同指标及权重下发现结果不同，不能一概而论。一些研究通过简单的数据验证、专家意见说明、文献对比佐证发现结果，其评价效度也难以判断，更加专业的专家研讨或大数据推理值得提倡。在技术机会发现颗粒度上，多数技术机会发现结果更偏重于一个新的或可能的技术进步方向，技术机会颗粒度较大。

4 未来展望

通过梳理技术创新全视角下中技术机会发现各个方面的研究进展，研究认为技术机会发现领域的发展趋势如下：

(1)技术机会发现中科学知识基础研究的比例会得到提高 关注技术中科学创新机会，尤其是研究与专利技术有关联的科学知识基础中创新机会的可能性与发现途径，可能会达到“纲举目张”的效果。未来研究可进一步集中在深度对比上，从论文和专利中发现技术机会的具体差异和联系，以理解科学知识基础研究在技术进步中的确切地位和影响。

(2)各类资源因素协同是展开跨主题、跨领域技术机会发现的创新趋势 协同创新可将技术机会发现中各维度的资源要素整合和系统优化，有利于在实际业务环境开展工作。未来，更多不同要素之间互相组合、交融[37]是发现技术机会的有效途径。另外，产业因素会越来越突出，与其他产业融合分析、类同分析或许能为技术机会发现带来新的启示，比如可聚焦多类产业中的共性技术[68]，以点带面，谋求更大程度上的技术发展。尤其是产业纵深发展技术机会也会得到极大促进，以市场为导向的技术机会将后期发力，不仅表现在市场在前期促进技术创新机会的发现，还体现在后期激励面向市场转化的技术转化机会，目前正在被一些学者提倡和呼吁。

(3)技术机会发现的分析手段和研究内容将会更加复合和有针对性 一是分析更具表现力的技术文本，包括产业经济数据、社交媒体数据、技术需求文档等，如技术需求文档，优势是直接展示企业或个人对当下或未来技术发展的创新需求，可用来作为发现技术机会的现实依据。二是对蕴含技术进步的文本片段进行针对性挖掘，如领域进展类或综述类论文的结束语、专利文献中的技术背景多涉及当下技术不足、解决方向和未来展望，可作为发现技术机会的新途径。三是未来动态化、语义化、复合型方法将是多种分析思路与方法实现优势互补的最佳选择，如在论文挖掘方面，可以关注全文本分析方法，基于文本挖掘和人工智能技术实现全文本分析，可进一步增强技术预测和技术演化分析的准确度，以辅助技术机会发现；在专利挖掘方面，整合引文关系和合作关系构建综合性网络，或基于耦合和共引[22]关系构建混合网络，可加深对技术机会发现的理解；关于科学－技术关系分析，可以聚焦专利科学引文分析方法(涉及文本内容分析、技术主题关联、主题突破等)、复杂网络分析法、数据挖掘方法等，这些方法的使用可增强技术机会发现的有效性。同时，随着对技术知识内容的深入关注，一些更大规模数据可操作、异质可挖掘、内部结构与层次关系可揭示的分析手段会在技术机会发现中显示强大生命，如知识图谱[69]，可通过分析技术系统的多元要素关联，以及清晰、丰富的可视化内容表达，帮助发现具有潜在知识关系的技术机会。

(4)技术机会发现过程更加规范化，结果更具可信度。一方面，技术机会定义和内涵界限会越来越清晰，针对产业的领域技术机会发现、针对研发主体的研发机会发现、针对市场拓展的技术应用机会发现等各类技术机会之间会严格区分开，并形成自己的主导方法。另一方面，技术机会发现评估和后续跟踪会被重视，多维度评价指标会得到完善，尤其是技术可行性、风险、时效性、需求性特征会更突出，可以结合一些优化算法来发现指标最优的技术机会[7]，技术机会发现和验证更注重实践性[39]。

参考文献：

[1] 李阳，许培扬. 国内外技术机会研究现状分析[J]. 情报探索，

2013,183(1):7 - 11.
[2] 王坤,王京安,陈天明,等. 国内外技术机会研究的脉络、流派及趋势[J]. 南京工业大学学报:社会科学版, 2019, 18(2):98 - 110.
[3] PORTER A L, JIN X Y, GILMOURJ E, et al. Technology opportunities analysis: integrating technology monitoring, forecasting, and assessment with strategic planning[J]. Sra journal, 1994, 26(2): 21 - 31.
[4] KLEVORICK A K, LEVIN R C, NELSONR R, et al. On the sources and significance of interindustry dif-ferences in technological opportunities[J]. Research policy, 1995, 24(2):185 - 205.
[5] OLSSON O. Technological opportunity and growth [J]. Journal of economic growth, 2005, 10(1): 35 - 57.
[6] 马婷婷,汪雪锋,朱东华,等. 基于专利的技术机会分析方法研究[J]. 科学学研究, 2014(3): 334 - 342, 383.
[7] 任海英,王倩. 技术机会发现方法的研究现状、趋势和问题[J]. 情报杂志, 2020,39(4):51 - 59.
[8] 韩燕,彭爱东. 基于技术形成三要素的技术机会识别研究——以医疗服务机器人 领域技术为例. 情报理论与实践,2020,43(5):156 - 162.
[9] 阿瑟. 复杂经济学: 经济思想的新框架[M]. 贾拥民, 译. 杭州:浙江人民出版社,2018.
[10] 阿瑟. 技术的本质: 技术是什么,它是如何进化的[M]. 曹东溟、王健,译. 杭州: 浙江人民出版社, 2018.
[11] 里克罗夫特, 董开石. 复杂性挑战:21 世纪的技术创新[M]. 李宁,译. 北京: 北京大学出版社, 2016.
[12] NELSON R R, WINTER S G. Simulation of schumpeterian competition[J]. American economic review, 1977, 67(1):271 - 276.
[13] BUENSTORF G. Creation and pursuit of entrepreneurial opportunities: an evolutionary economics perspec-tive[J]. Small business economics, 2007, 28(4):323 - 337.
[14] WADE J. Dynamics of organizational communities and technological bandwagons: an empirical investigation of community evolution in the microprocessor market[J]. Strategic management Journal, 1995, 16(S1):111 - 133.
[15] 任建良. 技术进化分支点的技术预测研究[D]. 天津:河北工业大学,2016.
[16] FOSTER R. Working the s-curve: assessing technological threats [J]. Research management, 1986, 29(4):17 - 20.
[17] TAKAYA, OGAWA, YUYA, et al. Assessing the industrial opportunity of academic research with patent relatedness: a case study on polymer electrolyte fuel cells[J]. Technological forecasting & social change, 2015. 90:469 - 475.
[18] 刘秋艳,吴新年. 国内外颠覆性技术发现方法研究综述[J]. 图书情报工作,2017,61(7):127 - 136.
[19] 戴, 休梅克. 沃顿论新兴技术管理[M]. 石莹,译. 北京:华夏出版社,2002.
[20] 王玏,吴新年. 新兴技术识别方法研究综述[J]. 图书情报工作,2020,64(4):125 - 135.
[21] STEVEN, T, WALSH, et al. Infrastructure for emergent industries based on discontinuous innovations[J]. Engineering management journal, 2015, 12(2):23 - 32.
[22] GERARD J, TELLIS. Disruptive technology or visionary leadership? [J]. Journal of product innovation management, 2006,23(1):34 - 38.
[23] RAFII F , KAMPAS P J . How to identify your enemies before they destroy you. [J]. Harvard business review, 2002, 80(11):115 - 123.
[24] 王桂芳,何涛,马廷灿,等. 基于科技文献的生物核磁领域技术机会识别[J]. 科技管理研究,2016,36(10):142 - 147.
[25] 潘东华,徐珂珂. 基于共词分析的技术机会分析[J]. 科研管理,2014,35(4):10 - 17.
[26] MA J, PORTER A L. Analyzing patent topical information to identify technology pathways and potential opportunities[J]. Scientometrics, 2015, 102(1): 811 - 827.
[27] YOON B, MAGEEC L. Exploring technology opportunities by visualizing patent information based on gen-erative topographic mapping and link prediction [J]. Technological forecasting and social change, 2018,132:105 - 117.
[28] 康宇航. 基于"耦合 - 共引"混合网络的技术机会分析[J]. 情报学报,2017,36(2):170 - 179.
[29] 李辉,乔晓东. 基于科技文献的技术机会分析方法初探[J]. 情报杂志, 2007(5): 74 - 76.
[30] 董坤, 许海云, 罗瑞, 等. 科学与技术的关系分析研究综述[J]. 情报学报, 2018(6):642 - 652.
[31] SHIBATA N, KAJIKAWA R, SAKATAR. Extracting the commercialization gap between science and tech-nology case study of a solar cell[J]. Technological forecasting and social change, 2010, 77(7):1147 - 1155.
[32] WANG M, FANG S, CHANG Y. Exploring technological opportunities by mining the gaps between science and technology: microalgal biofuels [J]. Technological forecasting & social change,2015, 92:182 - 195.
[33] 黄鲁成,王静静,李欣,等. 基于论文和专利的钙钛矿太阳能电池的技术机会分析[J]. 情报学报,2016,35(7):686 - 695.
[34] CHOI J, JEONG B, YOON J. Technology opportunity discovery under the dynamic change of focus tech-nology fields: application of sequential pattern mining to patent classifications[J]. Technological forecasting and social change, 2019, 148: 119737. 1 - 119737. 12.
[35] 寇翠翠,罗素平,袁红梅. 全球竞争态势下技术机会实现路径分析——以生物制药产业为研究样本[J]. 情报杂志,2019,38(6):50 - 56.
[36] 寇翠翠,金金,吴亚坤,等. 基于技术相似性和技术能力分析的中小型企业技术机会识别[J]. 情报理论与实践,2019,42(8):104 - 109.

[37] 江曼,孙明汉,余翔,等. 协同创新视角下技术机会识别模型——以中国智能机器人为例[J]. 情报理论与实践,2020,43(5):156－162.

[38] YOON J, NAMUK K, KIM J, et al. A function-based knowledge base for technology intelli-gence[J]. Industrial engineering & management systems: an international journal, 2015, 14(1):73.

[39] YOON J, PARK H, SEO W, et al. Technology opportunity discovery (TOD) from existing technologies and products: a function - based TOD framework [J]. Technological forecasting & social change,2015,100:153－167.

[40] 吴敏. 面向新市场颠覆式创新的技术机会识别路径研究[D]. 郑州:郑州大学,2019.

[41] 冯立杰,吴敏,王金凤,等. 面向低端市场颠覆式创新的技术机会识别路径研究[J]. 软科学,2019,33(4):91－98.

[42] JEONG B, YOON J, LEE J M. Social media mining for product planning: a product opportunity mining approach based on topic modeling and sentiment analysis[J]. International journal of information management, 2019, 48:280－290.

[43] 王金凤,吴摇敏,岳俊举,等. 创新过程的技术机会识别路径研究——基于专利挖掘和形态分析[J]. 情报理论与实践,2017,40(8):82－86.

[44] 郭靖,檀润华,江屏,等. 基于专利分析的自动取款机 NDI 技术机会识别[J]. 机械设计, 2015, (10): 64－72.

[45] LEE S, YOON B, PARK Y. An approach to discovering new technology opportunities: keyword-based patent map approach [J]. Technovation,2009,29(6):481－497.

[46] 龚惠群,刘琼泽,黄摇超. 机器人产业技术机会发现研究——基于专利文本挖掘[J]. 科技进步与对策,2014,31(5):70－74.

[47] YOON B, PARK Y. A systematic approach for identifying technology opportunities: keyword-based mor-phology analysis[J]. Technological forecasting & social change, 2005, 72(2):145－160.

[48] WANG X, MA P, HUAN Y, et al. Combining sao semantic analysis and morphology analysis to identify technology opportunities [J]. Scientometrics, 2017, 111(1): 3－24.

[49] 王吉武, 黄鲁成, 卢文光. 基于形态分析和联合分析方法的技术机会评价实证研究[J]. 上海经济研究, 2008, (5): 66－72.

[50] KIM B, GAZZOLA G, Lee J M, et al. Inter-cluster connectivity analysis for technology opportunity discov-ery[J]. Scientometrics, 2014, 98(3): 1811－1825.

[51] PARK I, YOON B. Technological opportunity discovery for technological convergence based on the prediction of technology knowledge flow in a citation network [J]. Journal of informetrics,2018, 12(4):1199－1222.

[52] 翟东升,刘摇鹤,张摇杰,等. 一种基于链路预测的技术机会挖掘方法[J]. 情报学报,2016,35(10):1090－1100.

[53] 黄鲁成, 蔡爽. 基于专利的判断技术机会的方法及实证研究[J]. 科学学研究, 2010, 28(2):215－220.

[54] 李乾瑞,郭俊芳,朱东华. 新兴技术创新机会识别方法研究[J]. 中国软科学,2018(11):138－147.

[55] 汪雪锋, 李兵, 许幸荣, 等. 基于形态分析法的创新导图构建及应用研究[J]. 科学学研究, 2014,32(2):178－183,177.

[56] 翟东升,郭程,张杰,等. 采用异常检测的技术机会识别方法研究[J]. 现代图书情报技术,2016(10):81－90.

[57] CHANDOLA V, BANERJEE A, KUMAR V. Anomaly detection: a survey[J]. ACM computing surveys, 2009, 41(3):1－15,58.

[58] 黄鲁成,李晓宇,李晋. 基于专利的 ABOD-RFM 技术机会识别方法研究[J]. 情报理论与实践,2020,43(5):156－162.

[59] 罗建, 蔡丽君, 史敏. 新兴技术识别方法研究进展[J]. 科技情报研究, 2019(1):95－103.

[60] GEUM Y, JEON J, SEOL H. Identifying technological opportunities using the novelty detection technique: a case of laser technology in semiconductor manufacturing [J]. Technology analysis & strategic management, 2013, 25(1): 1－22.

[61] 任智军,乔晓东,徐硕,等. 基于数据挖掘的技术机会发现模型研究[J]. 情报杂志,2015,34(6):174－177,190.

[62] ÉRDI P, MAKOVI K, SOMOGYVARI Z, et al. Prediction of emerging technologies based on analysis of the U. S. patent citation network[J]. Scientometrics, 2013, 95(1):225－242.

[63] DOSI G. Sources, procedures, and microeconomic effects of innovation[J]. Journal of economic literature, 1988, 26(3):1120－1171.

[64] 朱琳,战洪飞,余军合,等. 基于专利数据的企业技术创新机会识别方法研究[J]. 生产力研究,2019(7):134－141.

[65] SUN J G, TAN R, GUO J, et al. Analysis on technological opportunities of evolution bifurcations[J]. Procedia engineering, 2015, 131:1113－1120.

[66] 岳俊举,冯立杰,冯奕程,等. 基于多维技术创新地图与关联规则挖掘的技术机会识别方法研究[J]. 情报学报,2017(8):42－52.

[67] ELIZABETH C, U. S. , tech firms seek tinier chip; bomb labs will handle research[N]. Washington post, 1997－9－11.

[68] 林文广,郭晓珍,蔡加欣,等. 基于 IPC 号的热门共性技术机遇的挖掘方法[J]. 厦门理工学院学报,2019,27(6):30－37.

[69] 张珊珊,侯海燕,胡志刚. 知识图谱方法在未来导向技术分析领域的应用[J]. 科学与管理,2015,35(6):31－40.

作者贡献说明:

伊惠芳:负责论文框架设计,开展调研,完成论文撰写;
刘细文:论文选题与设计,指导论文写作、修改、定稿;
龙艺璇:修订论文内容及格式。

A Review of Technology Opportunity Discovery from the Full Perspective of Technology Innovation

Yi Huifang[1,2] Liu Xiwen[1,2] Long Yixuan[1,2]
[1] National Science Library, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190
[2] Department of Library, Information and Archives Management, School of Economics and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190

Abstract: [**Purpose/significance**] Technology opportunity discovery is of great significance to market competition, technology layout, regional innovation and industrial development. Clarifying the research progress in the field of technology opportunity discovery can grasp its development limitations to promote further optimization and healthy development. [**Method/process**] The research sorted out the relevant progress in the field from the four dimensions of technology innovation foundation, innovation environment, innovation way and innovation type based on the technology innovation full perspective and integrated the elements of technology innovation process. It also summarizes the characteristics of the technology opportunity discovery analysis unit from the perspective of technology innovation elements , and points out the existing problems and development trends of the study. [**Result/conclusion**] The internal attribute of technology opportunity discovery is the knowledge basis of technology innovation, and the external attribute is the technology innovation environment. Technology rebirth, technology integration, and technology breakthroughs are common ways of technology innovation. technology opportunities include three types of opportunities: emerging technologies, progressive technologies, and subversion technology. In the future, the foundation research of scientific knowledge will be strengthened, and the coordination of various resource factors will be a trend of innovation, and the methods of technology opportunity discovery will be more complex and targeted, and the process of technology opportunity discovery will be more standardized, and the results will be more credible.

Keywords: technology opportunity discovery technology innovation innovation basis innovation environment innovation way innovation type